

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**

**ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання розрахунково-графічної роботи  
та самостійної роботи студентів  
з дисципліни

**«ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА  
ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ»**

*(для студентів усіх форм навчання і слухачів другої вищої освіти  
за напрямом (0922) 6.050702 «Електромеханіка»)*

**Харків  
ХНАМГ  
2011**

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи та самостійної роботи студентів з дисципліни «Енергозбереження та енергетичний менеджмент» (для студентів усіх форм навчання і слухачів другої вищої освіти за напрямом (0922) 6.050702 «Електромеханіка») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: В. Х. Далека, Н. В. Гарбуз, О. С. Гордієнко. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 43 с.

Укладачі:                    В. Х. Далека,  
                                      Н. В. Гарбуз,  
                                      О. С. Гордієнко

Рецензент: к.т.н. В. П. Андрійченко, доцент кафедри електричного транспорту  
Харківської національної академії міського господарства,

Рекомендовано кафедрою електричного транспорту,  
протокол № 2 від 21.09.2010 р.

## ЗМІСТ

Передмова.....	4
1. Тематика та склад розрахунково-графічної роботи.....	5
2. Порядок виконання розрахунково-графічної роботи .....	6
2.1 Визначення розрахункових витрат електроенергії підприємством МЕТ	7
2.2 Оцінка витрат електроенергії підприємством МЕТ.....	8
2.3 Розрахунок коефіцієнтів кореляції між витратами електроенергії та експлуатаційними факторами.....	9
2.4 Побудова математичних моделей витрат електроенергії.....	11
2.5 Аналіз витрат електроенергії за побудованими моделями.....	15
2.6 Аналіз можливих шляхів енергозбереження підприємствами МЕТ.....	16
2.6.1 Дослідження факторів, що впливають на перевитрати електроенергії при експлуатації міського електротранспорту.....	16
2.6.2 Аналіз режиму рекуперації електричної енергії як складової енергозбереження.....	21
3. Самостійна робота студента .....	28
Список джерел.....	33
Додаток 1 Нормативні значення коефіцієнтів рівняння витрат електроенергії .....	38
Додаток 2 Контрольні питання для самостійного опрацювання студентами з дисципліни „Енергозбереження та енергетичний менеджмент”.....	41

## ПЕРЕДМОВА

Енергозбереження, як діяльність спрямована на раціональне використання енергії і природних енергетичних ресурсів, - державна проблема, яка постала на порядок денний слідом за найважливішою політичною подією в житті України – здобуттям незалежності.

Входження у світову економіку неминує припускає створення продукції, конкурентно спроможної на світових ринках. Але створена промислова база була орієнтована на низьку вартість енергетичної складової, котра дотувалася державою. Енергозатратні технології, значна частина застарілого, технічно зношеного устаткування призвели до критичних рівнів витратного й нераціонального використання паливно-енергетичних ресурсів, що викликало енергетичну кризу в нашій країні. Існуючий взаємозв'язок енергетики та економіки виводить на перший план особливу роль економії енергії на всіх рівнях її виробництва і споживання в народному господарстві країни.

Мета дисципліни „Енергозбереження та енергетичний менеджмент” - сформувати у студентів систему знань, умінь і навичок з управління організаційними і технологічними процесами при оптимізації енергетичних витрат.

Самостійна робота студентів розширює і поглиблює теоретичні знання, дозволяє набути досвіду самостійного вивчення техніко-економічних взаємозв'язків складових виконуваної підприємством житлово-комунального господарства роботи і складових споживаних при цьому енергетичних та матеріальних ресурсів і методів їхнього зниження.

Ці методичні вказівки розроблені відповідно до програми дисципліни „Енергозбереження та енергетичний менеджмент”. Методичні вказівки призначені для усіх форм навчання і слухачів другої вищої освіти за напрямом (0922) 6.050702 „Електромеханіка” при виконанні розрахунково-графічної роботи з дисципліни „Енергозбереження та енергетичний менеджмент”.

## 1. Тематика та склад розрахунково-графічної роботи

Згідно програми навчальної дисципліни „Енергозбереження та енергетичний менеджмент” у рамках самостійної роботи студентами денної і заочної форм навчання виконується розрахунково-графічна робота загальним обсягом 10 годин на тему „Моделювання енерговитрат підприємствами МЕТ”.

Нижче подано детальне завдання і склад розрахунково-графічної роботи.

### Завдання для виконання розрахунково-графічної роботи

1. Виконати розрахунок фактичних витрат електроенергії підприємством МЕТ (місто – за індивідуальним варіантом).
2. Оцінити витрати електроенергії підприємством МЕТ за звітний період (місто – за індивідуальним варіантом).
3. За індивідуальним завданням визначити коефіцієнти кореляції між витратами електроенергії та експлуатаційними факторами.
4. Побудувати точкові діаграми залежностей витрат електроенергії від кожного фактора.
5. Побудувати математичні моделі витрат електроенергії.
6. Розрахувати витрати електроенергії за побудованими математичними моделями для одного міста і порівняти з фактичними значеннями (місто – за індивідуальним варіантом).
7. Зробити висновок про ступінь відповідності побудованої математичної моделі фактичним витратам електроенергії
8. Запропонувати можливі шляхи підвищення ефективності використання електроенергії підприємствами МЕТ.

### Склад розрахунково-графічної роботи

№п/п	Склад розрахунково-графічної роботи	Обсяг, год.	
		Ден.	Заоч.
1	Вихідні дані	+	+
1.1	Місто за індивідуальним завданням	+	+
1.2	Коефіцієнти впливу пробігу трамвайних вагонів	+	+

№п/п	Склад розрахунково-графічної роботи	Обсяг, год.	
		Ден.	Заоч.
1.3	Коефіцієнти впливу пробігу тролейбусів	+	+
1.4	Коефіцієнти впливу кількості перевезених пасажирів трамвайними вагонами	+	+
1.5	Коефіцієнти впливу кількості перевезених пасажирів тролейбусами	+	+
1.6	Значення розрахункової похибки	+	+
1.7	Статистичні значення витрат електроенергії	+	+
1.8	Статистичні значення пробігу трамвайних вагонів	+	+
1.9	Статистичні значення пробігу тролейбусів	+	+
1.10	Статистичні значення кількості перевезених пасажирів трамвайними вагонами	+	+
1.11	Статистичні значення кількості перевезених пасажирів тролейбусами	+	+
2	<b>Розрахунково-технологічна частина</b>	<b>8,0</b>	<b>8,0</b>
2.1	Вступ	0,5	0,5
2.2	Визначення розрахункових витрат електроенергії підприємством МЕТ	1,0	1,0
2.3	Оцінка витрат електроенергії підприємством МЕТ	1,0	1,0
2.4	Розрахунок коефіцієнтів кореляції між витратами електроенергії та експлуатаційними факторами	1,0	1,0
2.5	Побудова математичних моделей витрат електроенергії	1,0	1,0
2.6	Аналіз витрат електроенергії за побудованими моделями	1,0	1,0
2.7	Аналіз можливих шляхів енергозбереження підприємствами МЕТ	1,0	1,0
2.8	Висновок	1,0	1,0
3	<b>Графічний матеріал</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>
3.1	Діаграми залежності витрат електроенергії від різних експлуатаційних факторів	1,0	1,0
3.2	Графічне представлення математичних моделей витрат електроенергії	1,0	1,0
4	<b>Список використаних джерел</b>	+	+
<b>Всього</b>		<b>10,0</b>	<b>10,0</b>

*Примітка: За узгодженням з викладачем студент може виконувати розрахунково-графічну роботу для будь-якого підприємства ЖКГ. Норми витрат електроенергії розраховуються за існуючою методикою для даного підприємства. Методика моделювання принципово не відрізняється від викладеної у даних методичних вказівках.*

## 2. Порядок виконання розрахунково-графічної роботи

Студент за узгодженням з викладачем обирає підприємство МЕТ України, після чого одержує статистичні дані для виконання необхідних розрахунків.

## 2.1 Визначення розрахункових витрат електроенергії підприємством МЕТ

На витрати електроенергії впливає ряд експлуатаційних факторів. Найбільший вплив має виконана рухомим складом транспортна робота, яку до того ж легко оцінити кількісно. Але є ряд факторів, які дуже важко, а подекуди і неможливо оцінити кількісно, такі як умови експлуатації на маршрутах, якість виготовлення рухомих одиниць, досконалість конструкції рухомого складу і та. ін.

У ГКН 02.07.005-2001 „Витрати електроенергії трамвайними вагонами та тролейбусами. Нормативи. Метод розрахунку” представлена математична модель витрат електроенергії для всіх міст України, де експлуатується рухомий склад МЕТ [1].

Згідно методики, викладеної у ГКН 02.07.005-2001 розрахункові витрати електроенергії визначають за формулою

$$Y_p = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4 X_4 \quad (1)$$

де:  $a_0$  – коефіцієнт впливу на витрати електроенергії неврахованих факторів;

$a_1, a_2, a_3, a_4$  – значення коефіцієнтів впливу факторів  $X_1, X_2, X_3$  і  $X_4$ .  
Значення коефіцієнтів впливу надані у додатку 1 для кожного міста України ( $a_1, a_3 = 0$  – для підприємств, що експлуатують тільки тролейбуси;  $a_2, a_4 = 0$  – для підприємств, що експлуатують тільки трамваї).

$X_1$  – фактичне значення пробігу трамвайних вагонів за рік, тис.км;

$X_2$  – фактичне значення пробігу тролейбусів за рік, тис.км;

$X_3$  – кількість пасажирів, перевезена за рік трамвайними вагонами, тис.пас;

$X_4$  – кількість пасажирів, перевезена за рік тролейбусами, тис. пас;

Розрахункове значення витрат електроенергії повинно знаходитися у межах довірчого інтервалу, що визначається розрахунковою похибкою:

$$Y = Y_p \pm \Delta_y, \quad (2)$$

де:  $Y_p$  – розраховане значення витрат електроенергії, тис. кВт\*год;

$\Delta_y$  – похибка визначення витрат електроенергії (тис. кВт\*год), яка надана у додатку 1.

Тобто:

$$Y_{max} = Y_p + \Delta_y, \quad (3)$$

$$Y_{min} = Y_p - \Delta_y, \quad (4)$$

Студент одержує у викладача статистичні дані з роботи обраного підприємства за декілька років. Значення коефіцієнтів впливу факторів на витрати електроенергії і розрахункової похибки визначають із додатку 1.

Визначити розрахункове значення витрат електроенергії за минулий рік для підприємства МЕТ за формулою (1).

Розрахувати значення витрат електроенергії згідно (3-4).

## **2.2 Оцінка витрат електроенергії підприємством МЕТ**

По закінченні поточного року підприємство міського електротранспорту повинно провести оцінку витрат електроенергії. Оцінка передбачає визначення наявності перевитрат або економії електроенергії за фактичними показниками пробігу трамвайних вагонів і тролейбусів та кількістю перевезених пасажирів.

Перевитратами електроенергії вважається таке значення витрат, яке перевищує максимальну довірчу межу розрахованих витрат електроенергії для фактичних показників пробігу та кількості перевезених пасажирів, тобто:

$$Y_{\phi} > Y_p + \Delta_y \quad (5)$$

Перевитратами електроенергії є різниця

$$Y_n = Y_{\phi} - Y_{max} \quad (6)$$

У цьому випадку підприємство МЕТ повинно розробити план заходів щодо зменшення витрат електроенергії і реалізувати його у наступному році.

Економією електроенергії вважається таке значення витрат, яке не



перевищує мінімальну довірчу межу розрахованих витрат електроенергії для фактичних показників пробігу та кількості перевезених пасажирів, тобто:

$$Y_{\phi} < Y_p - \Delta_y \quad (7)$$

Економією електроенергії є величина різниці

$$Y_e = Y_{\phi} - Y_{min} \quad (8).$$

У разі отримання економії електроенергії підприємство МЕТ має право на матеріальне стимулювання працівників, згідно „Положення про матеріальне стимулювання колективів і окремих працівників підприємств, організацій та установ за економію паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві”.

Згідно статистичних даних з роботи підприємства за індивідуальним варіантом і результатів визначення розрахункових витрат електроенергії зробити висновок про наявність перевитрат або економії електроенергії у минулому році, використовуючи (5 - 8). Запропонувати організаційні заходи відповідно до отриманих результатів.

### **2.3 Розрахунок коефіцієнтів кореляції між витратами електроенергії та експлуатаційними факторами**

Залежність двох випадкових величин, за якої кожному даному значенню незалежної змінної відповідає не одне, а ряд значень залежної змінної, називається стохастичною.

Частковим випадком стохастичної залежності є кореляційна залежність, яка характеризується тим, що зміна незалежної змінної супроводжується тільки зміною умовної середньої розподілу залежної змінної [2]. Зв'язок або кореляція двох змінних називається парною. Якщо зі збільшенням  $x$  змінна  $y$  у

середньому зростає, то така парна кореляція буде додатною, якщо ж у має тенденцію до зменшення з ростом  $x$ , то говорять про наявність від'ємної кореляції. Нульова кореляція спостерігається за відсутності зв'язку між  $x$  і  $y$ .

Оцінити ступінь зв'язку двох випадкових величин дозволяє коефіцієнт кореляції, який визначається виразом:

$$r = \frac{\sum_i^N (X_i - X_{\text{сеп}}) \cdot \sum_i^N (Y_i - Y_{\text{сеп}})}{\sqrt{\sum_i^N (X_i - X_{\text{сеп}})^2 \cdot \sum_i^N (Y_i - Y_{\text{сеп}})^2}}, \quad (9)$$

де  $MX = \sum_i^N (X_i - X_{\text{сеп}})$ ,  $MY = \sum_i^N (Y_i - Y_{\text{сеп}})$  – математичні сподівання

випадкових величин  $X$ ,  $Y$  відповідно;

$DX = \sum_i^N (X_i - X_{\text{сеп}})^2$ ,  $DY = \sum_i^N (Y_i - Y_{\text{сеп}})^2$  – дисперсії випадкових величин  $X$ ,  $Y$

відповідно;

$N$  – кількість реалізацій випадкових величин  $X$ ,  $Y$ .

Коефіцієнт кореляції може приймати значення у межах  $-1 \leq r \leq 1$ . Значення  $r = \pm 1$  вказує на наявність функціонального зв'язку.

При виконанні розрахунково-графічної роботи необхідно визначити коефіцієнти кореляції між витратами електроенергії і факторами, які на погляд розробника можуть мати істотний вплив на витрати електроенергії. Розрахунок коефіцієнтів кореляції ведуть у Microsoft Excel за допомогою вбудованої функції *KORPEL* на основі статистичних даних роботи підприємства за декілька років.

Для подальшого моделювання витрат електроенергії відбирають чотири – п'ять найбільш значущих факторів (ті, для яких значення коефіцієнтів кореляції виявилися не менші за 0,7).

*Примітка: Коефіцієнт кореляції виявляє наявність лінійного зв'язку між стохастичними величинами. Якщо розробник вважає, що більш ймовірним являється нелінійний зв'язок, то за узгодженням із викладачем можливий розрахунок відповідних індексів кореляції і подальшої побудови нелінійної моделі.*

## 2.4 Побудова математичних моделей витрат електроенергії

Зв'язок залежної змінної з однією або декількома незалежними змінними представляють у вигляді рівняння регресії  $y = f(x_1 \dots x_n)$ . Рівняння регресії – вид статистичної моделі, який найчастіше зустрічається на практиці. Подібні моделі застосовуються, по-перше, безпосередньо для техніко-економічного аналізу, де за допомогою рівнянь регресії вимірюють вплив факторів на залежну змінну. По-друге, рівняння регресії інтенсивно застосовуються у прогностичних роботах.

Побудова рівняння регресії полягає у вирішенні двох задач. Перша полягає у виборі незалежних змінних, які істотно впливають на залежну величину, і у визначенні вигляду рівняння регресії. Цей етап у розробці регресії називають специфікацією. Ця задача вирішується за допомогою якісного аналізу взаємозв'язку. Незалежні змінні для побудови моделі витрат електроенергії відбирають за результатами розрахунку коефіцієнтів кореляції.

Друга задача – оцінювання параметрів (коефіцієнтів) рівняння – вирішується за допомогою того або іншого математико-статистичного методу обробки даних. Частіше за все оцінювання параметрів регресій здійснюють на основі метода найменших квадратів (МНК), який полягає у наступному. Параметри рівняння регресії підбираються так, щоб сума квадратів відхилень спостережень від лінії регресії була мінімальною.

При розробці розрахунково-графічної роботи спочатку будують однофакторні лінійні моделі витрат електроенергії, а потім загальну багатфакторну модель.

Залежність витрат електроенергії від кожного з відібраних факторів будують графічно за допомогою майстра діаграм у Microsoft Excel, обираючи точкову діаграму (рис. 1).

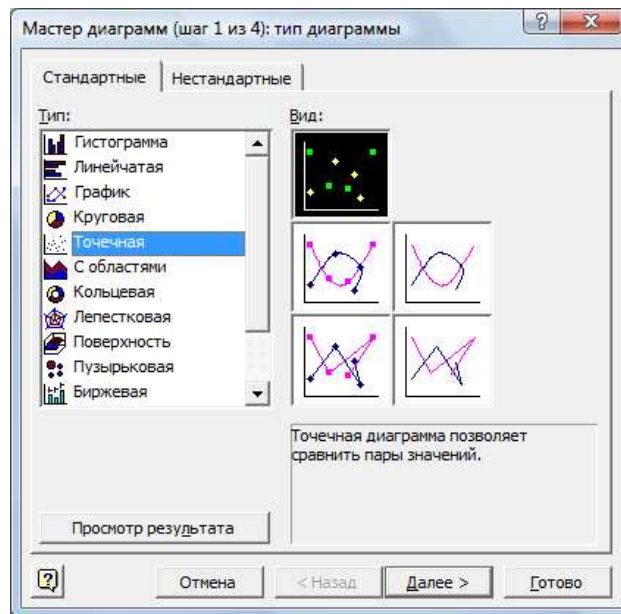


Рис. 1 – Вибір типу діаграми при моделюванні витрат електроенергії

Після побудови діаграми за допомогою меню, що з'являється при натисканні правої клавіші мишки на точках рядів даних, обирають *Добавить линию тренда*. На вкладці *Тип* обирають *Линейный* (Рис. 2).

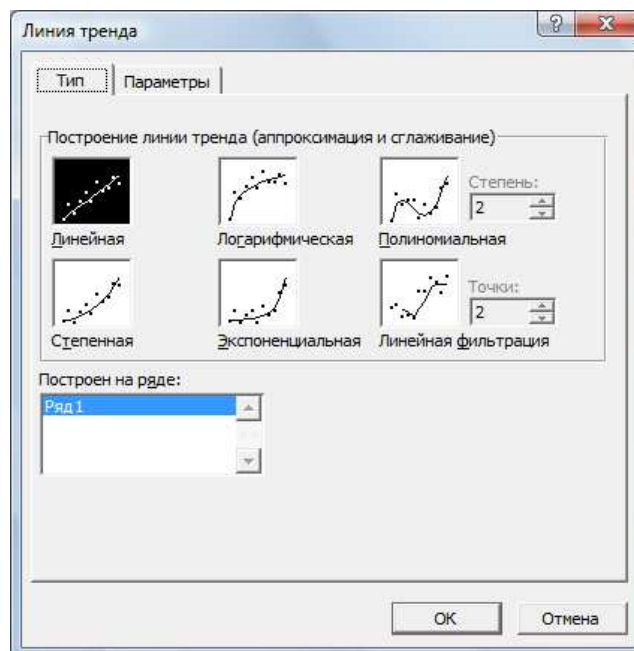


Рис. 2 – Вибір типу лінії тренду при моделюванні витрат електроенергії

На вкладці *Параметры* ставлять позначки „показывать уравнение на диаграмме” і „поместить на диаграмме величину достоверности аппроксимации” (рис. 3).

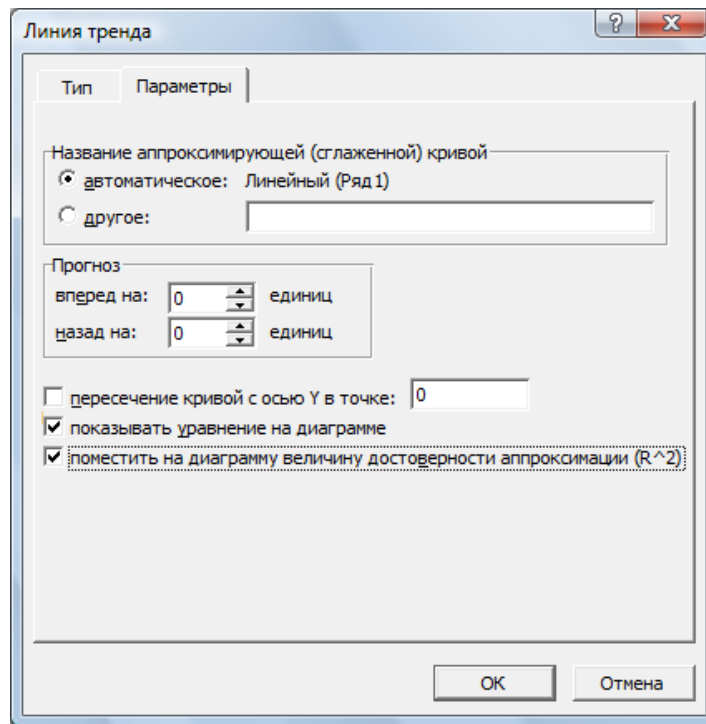


Рис. 3 – Вибір параметрів лінії тренду

У результаті буде побудовано 4 – 5 (залежно від кількості обраних значущих факторів впливу) лінійних залежностей витрат електроенергії із рівняннями регресії.

Можливо величина достовірності апроксимації для одного - двох відібраних за результатами кореляційного аналізу факторів буде нижча за 0,8. Тоді дані фактори підлягають виключенню із подальшої побудови багатфакторної моделі.

Багатфакторну модель будують за допомогою пакету *Анализ данных* Microsoft Excel, який знаходиться у меню *Сервис*. Обирають пункт *Регрессия* (рис. 4).

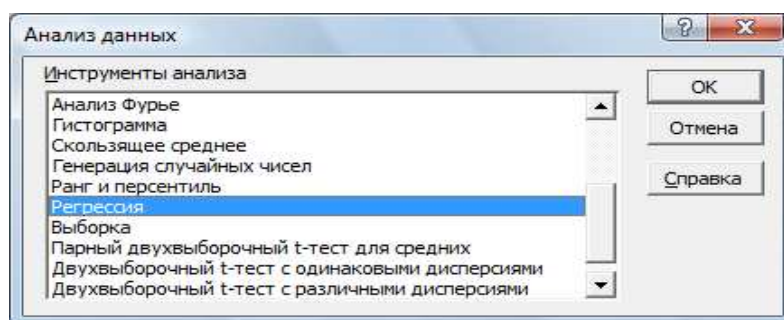


Рис. 4 – Вибір інструмента пакету аналізу даних

Ввести вихідні дані для побудови регресії Y і X, причому X –це масив із 2 - 5 стовпців (рис. 5).

Рис. 5 – Вікно вводу даних для побудови рівняння регресії

Microsoft Excel - Книга1								
Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка								
Arial Cyr 10 Ж К Ц [Icons] % 000 0.00 0.00 [Icons] [Icons] [Icons] [Icons] [Icons] [Icons] [Icons] [Icons] [Icons]								
D27	A	B	C	D	E	F	G	H
1	ВЫВОД ИТОГОВ							
2								
3	Регрессионная статистика							
4	Множественный R	0,919897943						
5	R-квадрат	0,846212225						
6	Нормированный R-квадрат	0,743687042						
7	Стандартная ошибка	468,3393017						
8	Наблюдения	6						
9								
10	Дисперсионный анализ							
11		df	SS	MS	F	Значимость F		
12	Регрессия	2	3620761,729	1810380,864	8,253701195	0,060309082		
13	Остаток	3	658025,1047	219341,7016				
14	Итого	5	4278786,833					
15								
16		Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-Значение	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95,0%
17	Y-пересечение	-9822,518292	3502,07754	-2,804768935	0,067585054	-20967,70248	1322,665892	-20967,70248
18	Переменная X 1	1,350783253	0,387579475	3,485177469	0,039905594	0,117331229	2,584235278	0,117331229
19	Переменная X 2	8,29984E-05	0,001734901	0,047840449	0,964850111	-0,005438236	0,005604233	-0,005438236
20								

Рис. 6 – Результаты побудови рівняння регресії

Рівняння множинної регресії необхідно записати у вигляді

$$Y_p = a_0 + \sum_{j=1}^{j=n} a_j X_j, \quad (10)$$

де  $a_0$  – це коефіцієнт впливу на витрати електроенергії усіх неврахованих факторів, визначають за стовпцем *Коэффициенты*  $\rightarrow Y$ -пересечение (рис.6);

$a_j$  – це коефіцієнти впливу обраних факторів на витрати електроенергії, значення яких визначають за стовпцем *Коэффициенты*  $\rightarrow$  *Переменная*  $X_1$ , *Переменная*  $X_2$  і т.д. (рис. 6);

$X_j$  – фактори впливу на витрати електроенергії.

## 2.5 Аналіз витрат електроенергії за побудованими моделями

Для виконання цього пункту розрахунково-графічної роботи необхідно оцінити витрати електроенергії підприємством МЕТ за минулий рік, підставивши у побудоване рівняння множинної регресії (10) фактичні значення відібраних факторів. Тобто, якщо за результатами кореляційно-регресивного аналізу були відібрані такі фактори: пробіг трамвайних вагонів ( $X_1$ ), пробіг тролейбусів ( $X_2$ ), кількість перевезених пасажирів трамвайними вагонами ( $X_3$ ), кількість перевезених пасажирів тролейбусом ( $X_4$ ) і витрати на перевезення пасажирів ( $X_5$ ), то рівняння регресії буде виглядати так:

$$Y_{p1} = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4 X_4 + a_5 X_5 \quad (11)$$

Значення коефіцієнтів впливу факторів на витрати електроенергії  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ ,  $a_4$ ,  $a_5$  розраховані у пункті 2.4.

Значення факторів  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ,  $X_4$ ,  $X_5$  одержують із статистичних даних роботи підприємства за минулий рік.

За одержаними результатами роблять висновок про те, яка модель з більшою точністю описує реальний процес енергоспоживання. Якщо фактичне значення витрат електроенергії (взяте із статистичних даних роботи підприємства за минулий рік) ближче до розрахункового значення за формулою (1), то стара модель більш адекватна, якщо ж фактичні витрати ближчі до розрахованого за (11) значення, то побудована модель більш точна і мета розрахунково-графічної роботи досягнута.

Далі пропонують шляхи енергозбереження на підприємстві МЕТ.

## **2.6 Аналіз можливих шляхів енергозбереження підприємствами МЕТ**

### **2.6.1 Дослідження факторів, що впливають на перевитрати електроенергії при експлуатації міського електротранспорту**

Електричний транспорт – крупний споживач електроенергії. Тому майже незначне зниження витрат енергії має суттєве значення. Витрата електроенергії на 1т·км в залежності від типу транспорту і профілю шляху коливається в дуже широких межах. Середнє значення питомих витрат електроенергії при експлуатації сучасного рухомого складу міського електротранспорту наступне: тролейбус – 120-200, трамвай – 40-90, метрополітен – 40-60 Вт·год / т·км.

Витрати та втрати електроенергії за елементами системи електропостачання і рухомого складу на 1 км шляху представлено на рис. 7 та 8.



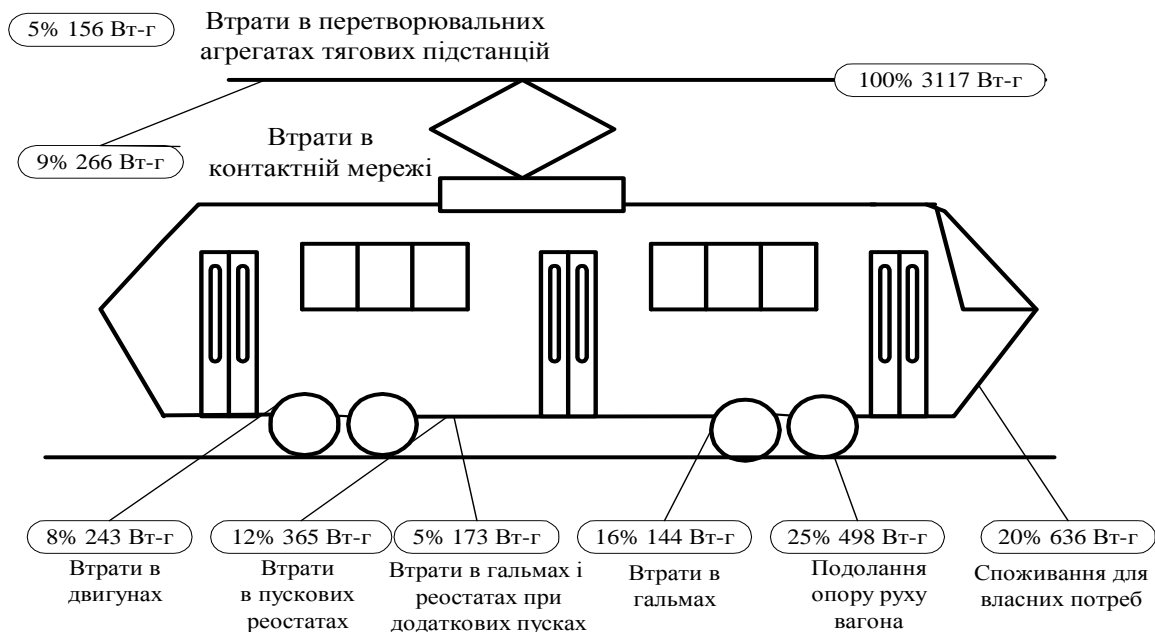


Рис. 7 - Середні поелементні витрати електроенергії на 1 км шляху для трамвайного вагона Т-3

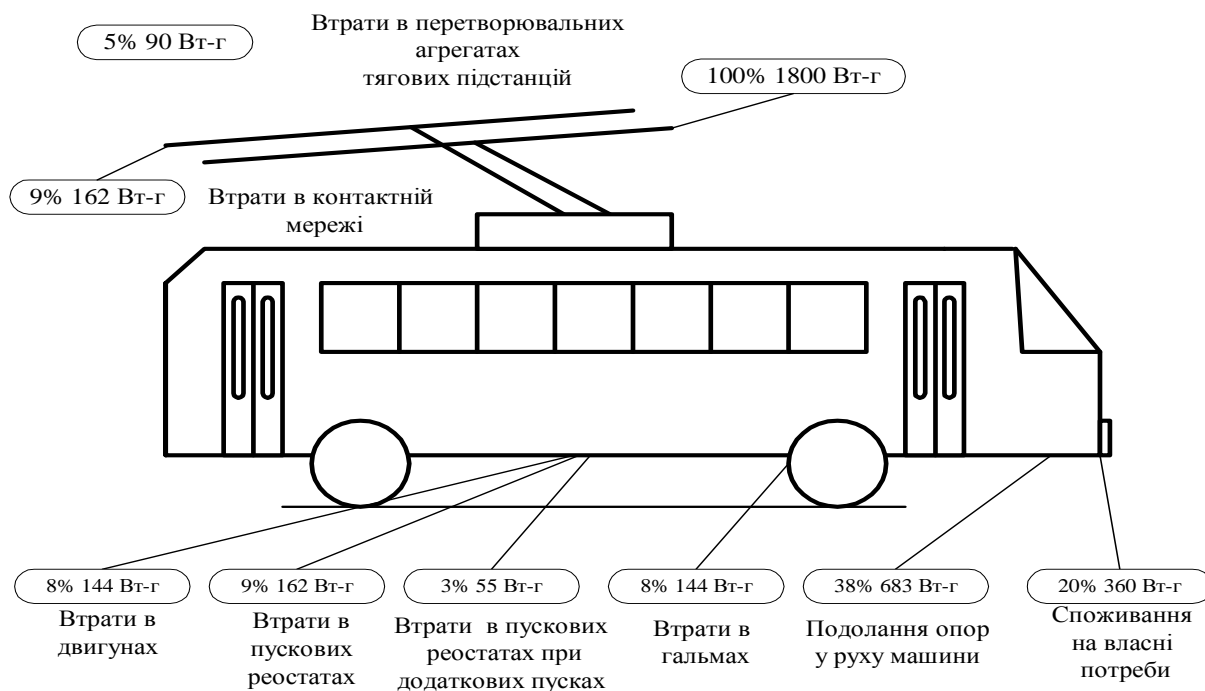


Рис. 8 - Середні по елементні витрати електроенергії на 1 км шляху для тролейбусів 3iУ – 9.

При забезпеченні живлення рухомого складу постійним струмом, передусім втрати електричної енергії мають місце на перетворювальних агрегатах тягової підстанції і досягають 5 % енергії, що споживається

(див. рис. 3.6 та рис. 3.7). Ці втрати складаються з втрат в силовому трансформаторі, вирівнювачах та вентилях і визначаються за відомими методиками [3].

В наступному ступені передачі електроенергії - контактній мережі - втрати електричної енергії пов'язані з нагріванням контактного проводу і залежать від величини еквівалентного струму та параметрів тягової мережі [4]. Величина цих втрат, в середньому, досягає до 9 % споживаної енергії. Значні резерви ресурсозбереження можуть бути використані за рахунок вдосконалення системи живлення і встановлення нових нормативів втрат в контактній мережі. Слід зазначити, що в чинних нормативах експлуатації систем електропостачання, середні втрати напруги від шин тягової підстанції до струмоприймача рухомого складу на будь-якій секції контактної мережі при плановій частоті руху обмежується до 15 % номінальної напруги на шинах, а в вимушених режимах цей показник майже вдвічі більший [5].

При заданій довжині секції контактної мережі  $l_c$  втрати енергії на опір, як відомо, залежать від кількості рухомих одиниць, що одночасно перебувають на секції, імовірності одночасного вмикання тягових двигунів цих одиниць, середнього струму, споживаного під час розбігу кожної одиниці, та питомого опору контактного проводу Ом/км. У свою чергу, питомий опір визначається маркою проводу та величиною зносу, якому відповідає втрата площі перерізу.

У розрахунках систем електропостачання міського електротранспорту знос проводів або не враховується зовсім, або приймається однаковим по всій довжині секції. Між тим, як свідчать результати експериментальних досліджень [4], розподіл зносу по довжині перегону є дуже не рівномірним: у зоні пуску (на зупинці, перед світлофором і т.п.) знос контактний проводу, що встановлювався вимірами залишкового перерізу, перевищує знос у середній частині перегону у 2 і більше разів (рис. 9). Отже, припущення щодо однаковості зносу по усій довжині секції не є правомірним і неврахування цієї обставини не дозволяє використати резерви зменшення втрат енергії у контактних проводах.

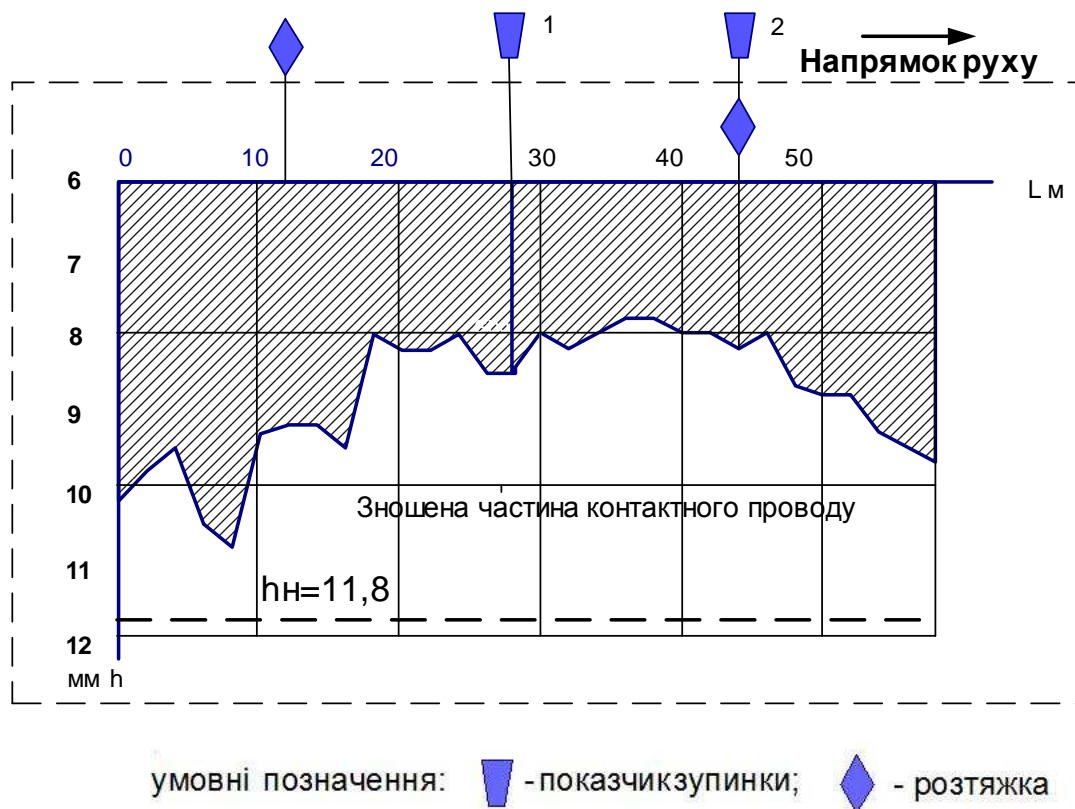


Рис. 9 – Інтенсивність зносу контактної провуду в зоні зупинки

Якщо позначити через  $r_0$  питомий опір контактної провуду при зносі у середині частині перегону, а через  $k_p$  – перевищення питомого опору у зоні пуску, довжиною  $L_p$ , то опір контактної провуду наприкінці перегону довжиною  $L_{II}$  можна визначити, як

$$R = L_{II} r_0 \left[ 1 + \frac{L_p}{L_{II}} (k_p - 1) \right]; \quad (12)$$

тобто на початку наступного перегону втрати енергії визначатимуться збільшенням, а не середнім опором. Наприкінці секції з  $n$  перегонів опір складатиме:

$$R_{II} = L_c r_0 \left[ 1 + \frac{n L_p}{L_c} (k_p - 1) \right]; \quad (13)$$

Як видно з формули, втрати енергії залежать не тільки від середнього значення зносу, а й від кількості пунктів  $n$  на секції, де відбуваються пуски.

Отже, удосконалення умов експлуатації у напрямку зменшення кількості пусків на секції при однакових інших умовах спричинятиме до зменшення втрат енергії.

Як приклад, розрахуємо зменшення витрат на опір контактних проводів на секції довжиною  $L_c = 1900$  м при зменшенні кількості зупинок з  $n = 3$  до  $n' = 2$ . Згідно з [6] довжина  $L_p$  складає 50 м,  $k_p = 1,5$ . Відносне зменшення втрат енергії на опір контактних проводів у цьому випадку складатиме:

$$S_e = \left\{ \frac{1 + \frac{nL_p}{L_c} (k_p - 1) \sum_{m=1}^n m}{1 + \frac{n'L_p}{L_c} (k_p - 1) \sum_{m=1}^{n'} m} \right\} 100\% . \quad (14)$$

Таким чином, перегляд розміщення пасажирських зупинок, створення пріоритетних умов для руху міського електротранспорту, наближення повітряних стрілок з середини перегону до пасажирських зупинок або світлофорів, раціональне розміщення секційних ізоляторів, як за розрахунками струмозподілу так і їх просторового розміщення та інші аналогічні заходи дають значне зменшення шкідливих втрат енергії у системі електропостачання.

Характерним для всього електричного транспорту є втрати електричної енергії на контакті “контактний провід – струмоприймач”. Ці втрати залежать від площі контакту струмоприймача з контактним проводом, густини струму, коефіцієнту контактного опору, тиску на контактний провід [6 - 11]. Тому вдосконалення конструкції струмоприймачів і оптимізація їх статичних та динамічних характеристик повинні бути основою розробки проектів ресурсозбереження при забезпеченні струмознімання.

Дані по структурі витрат електроенергії, які наведені на рис. 7 та рис. 8, показують, що тільки 28 % для трамвая та 38 % для тролейбуса спожитої електричної енергії використовуються на подолання опору руху, тобто перетворюється в механічну енергію і може частково бути перетвореною знову в електричну при гальмуванні. Значно більший обсяг електроенергії

витрачається безповоротно в елементах електрообладнання на управління тяговими двигунами та власні потреби (опалення, освітлення, заряд акумуляторних батарей, живлення систем автоматики, приводів вентиляторів, компресорів тощо).

Аналіз літературних джерел показує, що застосування безреостатного пуску і рекуперативного гальмування у всьому діапазоні робочих швидкостей рухомого складу дозволяє знизити витрати електроенергії на рух на 25-40 %; за рахунок експлуатаційних заходів, в тому числі і раціонального режиму водіння, можуть бути знижені втрати в пускових реостатах і гальмівних пристроях при додаткових пусках, гальмуваннях, підгальмовуваннях, які складають 3-5 % від споживчої енергії; зниження опору руху на 1% приводить до скорочення втрат енергії приблизно на 0,5%; режим буксування коліс відносно дороги або рейкової колії приводить до втрати біля 7,4% всієї споживчої електричної енергії [10, 12 - 18].

Дослідження, які виконані на міському та залізничному електричному транспорті, промисловому електроприводі [11 - 35] свідчать про необхідність розробки проектів ресурсозбереження з модернізації технічних систем міського електротранспорту для зменшення матеріаломісткості, опору руху, втрат електроенергії, зокрема за рахунок заміни контактної-реостатних систем керування на безконтактні тиристорно-імпульсні системи, вдосконалення конструкції електричних машин, апаратів і ін. з урахуванням режиму буксування, нерівномірності струморозподілу в силових колах тягового електрообладнання та рекуперативного гальмування.

### **2.6.2 Аналіз режиму рекуперації електричної енергії як складової енергозбереження**

Найбільша складова потенціалу енергозбереження припадає на гальмівні втрати, тобто на кінетичну енергію, яку має кожна рухома одиниця перед початком гальмування і яка в процесі гальмування витрачається на нагрівання

резисторів гальмівного реостата та тертя у механічних гальмах. Нераціональність такого перетворення електроенергії була очевидна, мабуть, з перших кроків застосування електроприводу на колісному наземному транспорті, але також були очевидні технічні труднощі в реалізації ідеї використання перетвореної з кінетичної енергії рухомої одиниці електричної енергії для повторного споживання – так званої енергії рекуперації [36 - 42].

Ці труднощі стосувалися як забезпечення умов переходу тягових двигунів у генераторний режим зі збереженням належного рівня електропротирувальної сили при зміні швидкості обертання якорів від будь-якого початкового значення до нуля, так і забезпечення умов споживання рекуперованої енергії. До появи на транспорті силової електроніки, тобто на рухомому складі з реостатно – контакторним регулюванням, вирішення проблеми забезпечення генераторного режиму тягових двигунів з рівнем електрорушійної сили, більшим за рівень напруги у контактній мережі та при підтриманні сталого моменту на якорі, по всьому діапазону швидкостей руху було принципово неможливо. Застосування двигунів з переважаючою намагнічувальною силою паралельних обмоток на МЕТ (трамвайні вагони РВЗ – 6, РВЗ – 6М, РВЗ – 6М2, тролейбуси МТБ – 82Д, ЗіУ-5), які дозволяли реалізувати рекуперативне гальмування до швидкості не менше 24 км/год., практично ніяких зрушень у енергоспоживанні не зробило, оскільки схемою керування передбачалося рекуперативне гальмування на позиціях розбігу, що спричиняє певні незручності для водіїв.

Крім того, навіть і невеликий відсоток можливої економії енергії не міг бути реалізований, оскільки імовірність реалізації потужності рекуперації та одночасного існування не меншої потужності споживання на одній секції або навіть на одному районі живлення є надзвичайно малою. Ось чому, незважаючи на надзвичайно привабливі результати теоретичного обчислення можливої економії енергії при застосуванні на рухомому складі електричного транспорту електронних перетворювачів, що передбачають рекуперацію до повної зупинки та інших накопичувачів проблема використання енергії рекуперації досі

залишається не вирішеною [39 - 42]. На сьогоднішній день також не вирішено питання доцільності розміщення накопичувачів електроенергії: безпосередньо на транспортному засобі, або в системі тягового електропостачання [42]. В більшості наукових робіт не приділяється значної уваги на втрати в елементах силового приводу і системи електропостачання при оберненому перетворенні механічної енергії в електричну. Як було відмічено в п.2.6.1 тільки в контактній мережі та тягових підстанціях в номінальних режимах допускаються втрати електроенергії до 15%. Дослідження, які були виконані на метрополітенах різних міст, показали, що при забезпеченні графіків руху поїздів для максимального споживання електроенергії рекуперації, енергія міжпоїздного обміну складає 8-13%, надлишкова 5-1,5 % при енергії рекуперації 13-15 % загальних витрат на тягу поїздів.

Вільним від вказаних недоліків є акумулювання енергії рекуперації безпосередньо на рухомих одиницях з наступним її використанням при пусках. Можливість накопичення енергії з наступним її використанням практично доведена на багатьох видах транспорту, з яких найбільшою досконалістю відрізняються гіробуси швейцарської фірми “Ерлікон”, які здійснювали перевезення пасажирів протягом 15 років. До експериментальних зразків доведена розробка вагонів метрополітену з інерційним енергоакумулятором рекуперованої енергії, які пройшли випробування у Нью-Йорку, проведені експлуатаційні випробування автобуси ЛАЗ-695 з маховиком, міських автобусів Ikarus 556 з пневмоакумулятором у Ченстохові (Польща) [36 - 38].

Згідно з існуючою класифікацією, акумулювання енергії може бути у електричній, електрохімічній, пневматичній, механічній та тепловій формі. Вибір тої чи іншої форми для застосування на МЕТ визначається крім таких очевидних критеріїв, як питома енергоємність (кількість енергії на одиницю маси енергоакумулятора), максимальна потужність, глибина розряду, максимальна кількість циклів “заряд-розряд”, також прийнятністю енергоакумулятора з точки зору безпеки для пасажирів та технічним рівнем експлуатаційних підприємств. З цих позицій використання теплових,

надпровідних індуктивних накопичувачів, літій-хлорових електрохімічних високотемпературних акумуляторів, водневих електролізерів принаймні на найближчі десятиліття не матимуть перспективи. Прийнятними з точки зору наступництва техніки є очевидно електрохімічні низькотемпературні акумулятори, інерційні маховики та пневмоакумулятори.

Зі співставлення характеристик енергоакумуляторів за показниками питомої енергоемності та питомої потужності (рис. 10) однозначно впливає перевага механічних акумуляторів – маховиків над електрохімічними акумуляторами та енергоакумулюючими системами, що використовують стиснене повітря. Найбільш придатним з точки зору конструкції рухомого складу МЕТ є електрохімічні акумулятори, бо їх застосування потребує лише додаткового керованого інвертора для підтримання напруги заряджання батареї під час рекуперації та поступового підняття напруги під час споживання накопиченої енергії, у той час як механічні та пневматичні енергоакумулятори вимагають принципово відмінних конструктивних рішень ходових частин.

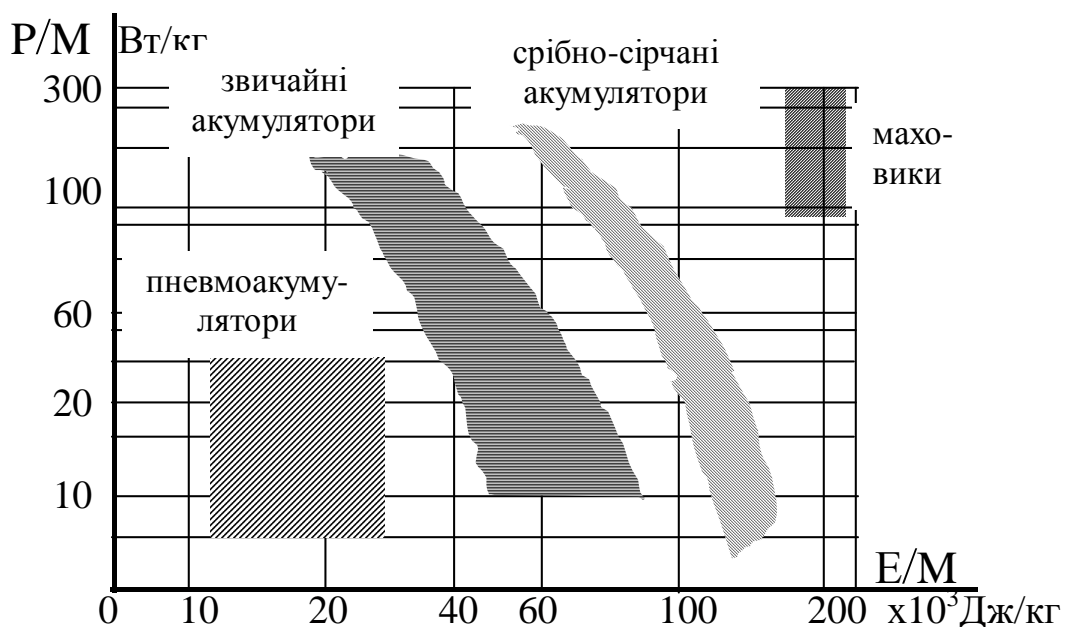


Рис. 10 - Порівняння енергоакумуляторів різних видів за питомою енергоемністю  $E/M$  та питомою потужністю  $P/M$ .



При існуючих зараз параметрах рухомого складу корисна енергія одного рекуперативного гальмування з урахуванням роботи з подолання опору рухові знаходиться в межах  $1,0 - 2,5 \cdot 10^6$  Дж при максимальній початковій потужності у 200 – 450 кВт і тривалості рекуперації до 15 с. Розділивши корисну енергію рекуперації на показник питомої енергоємності та на показник питомої потужності, отримаємо приблизні значення маси додаткового устаткування для різних видів енергоакумуляторів. Так, для звичайних акумуляторів, що використовуються зараз на транспорті, додаткова маса сягає до 3000 кг, для срібно-сірчаних – до 1500 кг, для інерційних маховиків – до 800кг. Пневматичні акумулятори взагалі неспроможні забезпечити накопичення потрібного обсягу енергії, бо їх маса повинна бути співмірна з масою самого рухомого складу.

З цього логічно випливає пропозиція інвертувати енергію рекуперації до первинної мережі електропостачання, тобто перетворювати енергію постійного струму, що надходить від контактної мережі при рекуперації рухомої одиниці на секції, у енергію трифазного змінного струму напругою 600В на вторинній обмотці силового трансформатора тягової підстанції, який стає таким чином підвищувальним та передає енергію до мережі змінного струму 6 – 10 кВ. Ця ідея була вперше реалізована на тягових підстанціях залізниць, але внаслідок малої надійності ртутних перетворювачів, які на той час були єдиними керованими електронними приладами, широкого розповсюдження не знайшла.

З появою силових напівпровідникових приладів, а особливо керованих тиристорів, інвертування енергії рекуперації у первинну електромережу перейшло з розряду наукових проблем до розряду суто інженерних задач, зокрема на реверсивному електроприводі, де її впровадження дало значний економічний ефект. Принципова схема живлення електротранспорту при цьому виглядатиме так, як подано на рис. 11.

При наявності на районі живлення деякої кількості одиниць, з яких певна частина рекуперує, різниця потенціалів між позитивними та негативними шинами розподільчого пристрою постійного струму може стати більша за номінальну напругу на виході випрямляча, який внаслідок цього закривається,

а інвертор – відкривається. Робота секції при цьому моделюється паралельними, за кількістю рухомих одиниць, ланцюгами з резисторами, що уособлюють опір силових кіл рухомих одиниць і опір контактної – кабельної мережі від струмоприймачів до шин тягової підстанції, та джерелами електропротирувальної сили, що імітують тягові двигуни у тяговому  $E_{p.o.} < U_{к.м.}$  та генераторному  $E_{p.o.} > U_{к.м.}$  режимах.

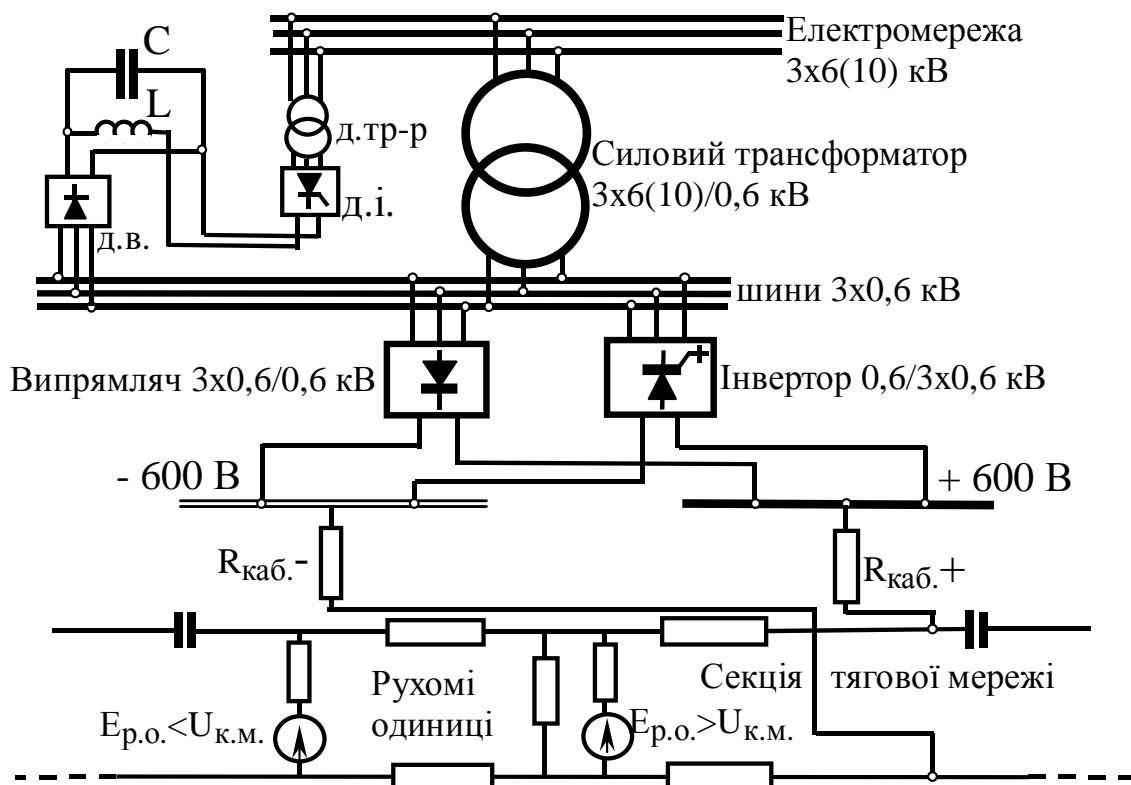


Рис. 11 - Спрощена схема живлення секції на інверторній тяговій підстанції

Відомо, що напруга на струмоприймачах рухомих одиниць дорівнює напрузі на шинах розподільного пристрою постійного струму  $U_{шв}$  мінус втрати напруги з-за опору контактної мережі та кабелів  $\Delta U_T$ , а напруга на шинах розподільного пристрою постійного струму нижча від напруги холостого ходу випрямляльного агрегата на величину  $\Delta U_{ххв}$  і при навантаженні більше 50 А є незмінною у всьому діапазоні навантажень (рис. 12). В інверторному режимі

напруга на шинах того ж самого розподільчого пристрою  $U_{ші}$  буде більша за напругу холостого ходу інвертора на величину  $\Delta U_{xxi}$ .

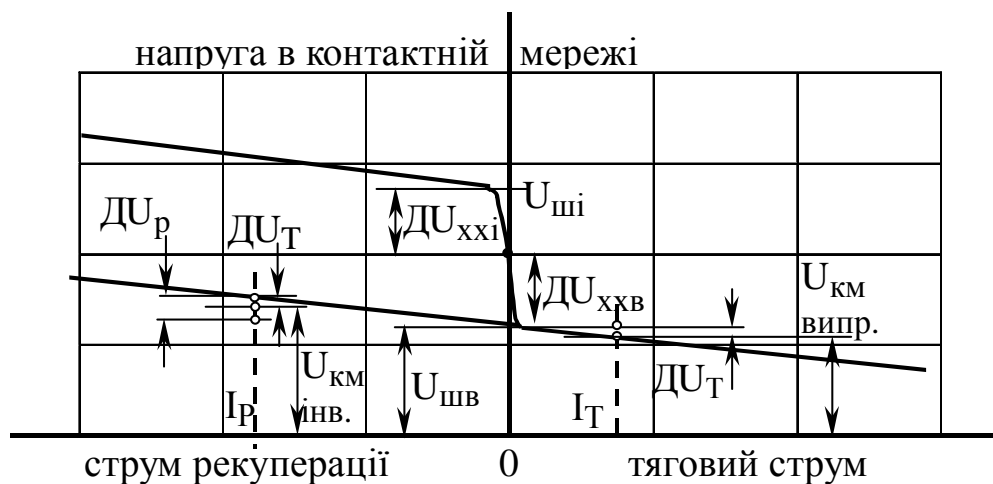


Рисунок 12 - Залежність напруги в контактній мережі від струму при рекуперації.

При протіканні струму рекуперації, тобто від струмоприймача до шин, втрати напруги від цього струму мають протилежний знак, і в разі перевищення струму рекуперації  $I_P$  над тяговим струмом  $I_T$  напруга в контактній мережі  $U_{км}$  перевищуватиме напругу на величину різниці втрат напруги плюс подвійне прирощення напруги холостого ходу. З цього випливає, що за наявності інвертування рекуперативної енергії у первинну мережу трифазного змінного струму напруга в контактній мережі повинна збільшуватися понад номінальною, що небезпечно як для електрообладнання одиниці, що рекуперує, так і для інших одиниць у даному районі живлення.

Отже, потрібно забезпечувати, щоб впровадження інвертування енергії рекуперації у первинну електромережу на МЕТ йшло паралельно з оснащенням рухомого складу електронними перетворювачами, здатними здійснювати рекуперативне гальмування до повної зупинки. Поки що цього не сталося, по-перше, з-за відсутності належного фінансування науково-дослідних та конструкторських робіт, а по друге, з-за відсутності донедавна ефективного технічного рішення компенсації підвищення напруги у контактних мережах при рекуперації.

Тому необхідно розробляти проекти енергозбереження, що направлені на вдосконалення конструкції транспортних засобів та систем електропостачання і забезпечення відповідних умов експлуатації.

### 3. Самостійна робота студента

Мета дисципліни „Енергозбереження та енергетичний менеджмент” - сформувати у студентів систему знань, умінь і навичок з управління організаційними і технологічними процесами при оптимізації енергетичних витрат.

Самостійна робота є основним засобом засвоєння студентом навчального матеріалу в час, вільний від обов’язкових навчальних занять.

Нижче подано перелік сайтів Інтернет, які можуть допомогти у засвоєнні навчального матеріалу дисципліни:

1. Сайт Internet [www.liga.net](http://www.liga.net)
2. Сайт Internet [zakon.rada.gov.ua](http://zakon.rada.gov.ua)
3. Сайт Internet [www.technormativ.ru](http://www.technormativ.ru)
4. Сайт Internet [gortransport.kharkov.ua](http://gortransport.kharkov.ua)

Перелік питань для самостійного вивчення надано у додатку 2.

#### Інформаційно-методичне забезпечення

Перелік літературних джерел за тематикою дисципліни „Енергозбереження та енергетичний менеджмент” подано у табл. 1.

Таблиця 1 – Інформаційно-методичне забезпечення

Бібліографічні описи, Інтернет адреси		ЗМ, де застосовується
1		2
<b>1. Рекомендована основна література</b> (підручники, навчальні посібники, інші видання)		
1.1	Бакалін Ю.І. Енергозбереження та енергетичний менеджмент.- Х.: БУРУН і К, 2006. – 320 с..	ЗМ1.1 – 1.2
1.2	Закладний О.М., Праховник А.В., Соловей О.І. Енергозбереження засобами електропривода: Навчальний посібник. - К.: Кондор, 2005.- 408 с.	ЗМ1.1 – 1.2
1.3	Енергозбереження - пріоритетний напрямок державної політики України / Ковалко М.П., Денисюк С.П.; Відпов. ред. Шидловський А.К. - К.: УЕЗ, 1998. - 506 с.	ЗМ1.1 – 1.2
1.4	Управління ресурсами підприємства: Навч. посіб. / Під ред. к.е.н. Ю.М.Воробйова і д.е.н. Б.І.Холода.- Київ:”Центр навчальної літератури”, 2004.- 288 с	ЗМ1.1
1.5	Економіка міського господарства: Навч.посібник/ За ред. Т.П. Юр’євої. – Х.: ХНАМГ, 2002. – 672 с	ЗМ1.1

Продовження табл. 1

1		2
<b>Додаткові джерела</b> (довідники, нормативні видання, сайти Internet тощо)		
2.1	Далека В.Х. Наукове забезпечення ресурсозбереження на міському електротранспорті в ринковому середовищі // Коммунальное хоз-во городов.- Вып. 53. К.: Техніка, 2003.- С. 146-152.	ЗМ1.1
2.2	Далека В.Х. Математичне моделювання споживання ресурсів при експлуатації міського електричного транспорту // Коммунальное хоз-во городов.- Вып. 38. К.: Техніка, 2002.- С. 274-281.	ЗМ1.1
2.3	Далека В.Х., Будниченко В.Б., Карпушин Е.І., Коваленко В.І. Технічна експлуатація міського електричного транспорту. Навчальний посібник для студентів спеціальностей 7.092201 – Електричні системи і комплекси транспортних засобів, 7.092202 – Електричний транспорт. Харків, ХНАМГ, 2007.- 285 с. (3 грифом МОН України).	ЗМ1.1
2.4	Форнальчик Є.Ю., Олісевич М.С., Мاستикаш О.Л., Пельо Р.А. Технічна експлуатація та надійність автомобілів: Навчальний посібник. Львів, Афіша, 2004.-492 с.	ЗМ1.1
2.5	Бригхем Е. Ф. Основи фінансового менеджменту. Київ, Молодь, 1997. - 1000 с.	ЗМ1.2
2.6	Сайт Internet <a href="http://gortransport.kharkov.ua">gortransport.kharkov.ua</a>	ЗМ1.1 – 1.2
2.7	Сайт Internet <a href="http://www.pmi.ru">www.pmi.ru</a>	ЗМ1.2
<b>3. Методичне забезпечення</b>		
3.1	Далека В.Х., Гарбуз Н.В., Гордієнко О.С. Програма навчальної дисципліни та Робоча програма навчальної дисципліни «Енергозбереження та енергетичний менеджмент» для студентів 4 курсу денної форми навчання напряму підготовки 6.050702 – «Електромеханіка» спеціальності 6.092200 – «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» – Х.: ХНАМГ, 2009. - 19 с.	ЗМ1.1 – 1.2, лабораторні роботи, практичні заняття, самостійна робота
3.2	Далека В.Х., Гарбуз Н.В., Гордієнко О.С. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Енергозбереження та енергетичний менеджмент». Частина І. – Х.: ХНАМГ, 2009. – 30 с.	Лабораторні роботи
3.3	Далека В.Х., Гарбуз Н.В., Гордієнко О.С. Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Енергозбереження та енергетичний менеджмент». Частина І (для студентів 4 курсу денної форми навчання спеціальності 6.092200 – «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»). – Х.: ХНАМГ, 2009. - 35 с.	Практичні заняття
3.4	Пакет програм Microsoft Office, Електронна таблиця Excel.	Самостійна робота. Контрольні роботи

Примітка. ЗМ – змістовий модуль згідно програми навчальної дисципліни

Навчально-методичне забезпечення лекційного курсу, практичних занять та лабораторних робіт представлено у табл. 2 – 4.

Таблиця 2 – Навчально-методичне забезпечення лекційного курсу

Зміст навчальної дисципліни (теми, підтеми)	Номер літературного джерела
1	2
1.1 Умови діяльності підприємств міського господарства. Сучасна економічна модель господарювання підприємств міського господарства. Контрактна система взаємовідносин між виробником і споживачем муніципальних послуг. Юридичні аспекти, санкції, фінансові аспекти, трудові відносини.	1.1 - 1.5
1.2 Основні і оборотні фонди, поняття про особливості муніципальної власності. Джерела відшкодування експлуатаційних витрат. Інвестиційна робота (розвиток, відновлення), джерела капіталовкладень. Структура витрат в натуральному вираженні.	1.1 - 1.5
1.3 Ресурсозбереження у світовій практиці. Зв'язок між обсягами робіт (послуг) та витраченими ресурсами.	1.1 - 1.5
1.4 Споживання матеріальних ресурсів у процесі виконання роботи технічними засобами житлово-комунального господарства (ЖКГ).	
1.5 Фінансові ресурси підприємства ЖКГ. Визначення нормативної собівартості і норм дотацій. Придбання основних фондів за лізингом. Стимулювання ресурсозбереження. Утворення фонду ресурсозбереження, нормативні документи з його витрат.	1.1 - 1.5
1.6 Використання трудових ресурсів. Оцінка продуктивності праці на підприємствах ЖКГ. Організаційні методи економії трудових ресурсів. Суміщення професій, механізація трудомістких процесів, ефективність від запровадження маніпуляторів і т.ін. Приклади, економічна ефективність.	1.1 - 1.5
1.7 Енергетичні ресурси. Складові витрати енергії. Система урахування витрат енергії. Інформаційна система урахування виконаної роботи, підсистема урахування спожитої енергії за складовими. Методи зниження витрати енергії.	1.1 - 1.5
1.8 Шляхи реалізації енергозбереження засобами промислового електроприводу. Економія електроенергії технологічними установками і механізмами. Підйомні, вентиляторні, водовідливні, компресорні, конвеєрні установки. Енергозберігаючі системи регульованого електропривода змінного струму.	1.2
1.9 Досвід застосування теплових насосів в енергозберігаючих системах. Енерготехнологія використання сонячної енергії. Проектування теплових електростанцій, які працюють на побутових і промислових відходах. Енергозбереження на базі очисних споруд каналізації. Перспективи атомного теплопостачання в Україні.	1.1

Продовження табл. 2

1	2
1.10 Зниження тепловтрат через зовнішні захисні засоби будинків. Оптимізація зниження тепловтрат з погляду економіки. Прийоми зниження тепловтрат парогенеруючих установок.	1.1
1.11 Деякі шляхи економії електроенергії. Економічна ефективність теплоелектропостачання. Освоєння енергозберігаючих технологій. Екологічні аспекти систем теплопостачання.	1.1 - 1.5
2.1 Значення економічних і організаційних заходів в удосконаленні системи управління. Особливості управління енергетикою підприємства ЖКГ. Схема системи управління енергетикою підприємства. Про критерії управління енергетичним господарством.	1.1 - 1.5
2.2 Організаційні структури системи управління. Інформаційна система енергетичного господарства підприємства ЖКГ. Реалізація системи енергетичного менеджменту на підприємствах ЖКГ України.	1.1 - 1.5
2.3 Формування привабливого інвестиційного клімату. Інвестиційна політика у сфері енергозбереження. Інтегральне планування при використанні енергоресурсів Умови діяльності енергозберігаючих компаній в Україні.	1.1 - 1.5
2.4 Енергетичний баланс підприємства ЖКГ. Критерій оцінки економічної ефективності енергозбереження. Розрахунок прибутку при реалізації заходів щодо енергозбереження.	1.1 - 1.5
2.5 Оцінка економічної ефективності використання вторинних енергоресурсів. Ефективність створення системи управління енергетичним господарством в АСУ підприємства.	1.1 - 1.5
2.6 Про нормування паливно-енергетичних ресурсів у контексті ринкової стратегії енергозбереження. Законодавча база з питань організації енергозбереження України і Росії.	1.1 - 1.5
2.7 Нормативно-правове регулювання енергозбереження. Управління у сфері енергозбереження і відповідальність за порушення закону і правових актів.	1.1 - 1.5

*Практичні заняття*

<b>Тематика</b>	<b>Номер літературного джерела</b>
1. Методика розрахунку галузевих норм питомих витрат електроенергії на власні потреби підприємств МЕТ	3.3,
2. Методика встановлення норм витрат електроенергії трамвайними вагонами та тролейбусами	3.3
3. Визначення питомих витрат електроенергії трамвайними вагонами	3.3

*Лабораторні роботи*

<b>Тематика</b>	<b>Номер літературного джерела</b>
1. Побудова математичної моделі споживання електроенергії підприємствами МЕТ	3.2
2. Розрахунок оптимального міжремонтного пробігу та впливу характеристик маршрутів на показники надійності рухомого складу транспортних засобів	3.2
3. Автоматизоване робоче місце інженера технічного відділу	3.2
4. Ресурсозберігаючі режими експлуатації технічних засобів транспорту за рахунок впровадження систем діагностування	3.2
5. Побудова мережного графіка технологічного процесу	3.2



### Список джерел

1. Галузеві комунальні норми ГКН 02.07.005 – 2001. Витрати електроенергії трамвайними вагонами та троллейбусами. Нормативи. Методи розрахунку // Г.П. Щербина, Л.В. Збарський, Е.І. Карпушин, В.Б. Будниченко, В.Х. Далека, В.В. Кривуля. Чинний від 01.01.2001.- К: Держбуд України, 2001.- 23с.
2. Ферстер Э., Ренц Б. Методы корреляционного и регрессионного анализа. – М.: Финансы и статистика, 1983.- 302 с.
3. Электротехнический справочник. В 3т. Т3: В 2 кн. Кн.2. Использование электрической энергии. Под ред. И.Н. Орлова и др. – М.: Энергоиздат, 1988. – 616 с.;
4. Далека В.Х. Резерви зменшення втрат енергії у контактних проводах систем електропостачання міського електротранспорту // 3б. статей міжнарод. наук. конф. “Інформаційні технології на транспорті. Стан справ та основні напрямки розвитку”.-К.: УТУ, 1998.- С. 68-69.
5. Правила експлуатації трамвая та троллейбуса. Затв. наказом Дежжитлокомунгоспу України № 103 від 10.12.96 р. Зареєстровано в Мінюсті України №66/1870 від 16.03.97 р. Введено в дію з 16.03.97 р. – К.: Держжитлокомунгосп, 1997.- 104 с.
6. Захарченко Д.Д. Тяговые электрические аппараты. – М.: Транспорт, 1991. – 246 с.;
7. Брускин Д.Э., Зарохович А.Е., Хвостов В.С. Электрические машины. Ч.2. – М.: Высш.школа, 1979. – 304 с.;
8. Корягина Е.Е., Коськин А.А. Электрооборудование трамваев и троллейбусов. – М.: Транспорт, 1982. – 296 с.
9. Иванов М.Д., Алпаткин А.П., Иеропольский Б.К. Устройство и эксплуатация трамваев. – М.: Высш.школа, 1985. – 264 с.;
- 10.Цукало П.В. Экономия электроэнергии на электроподвижном составе. – М.: Транспорт, 1983. – 174 с.;

- 11.Марголин И.С., Трегубенко М.Г. Борьба с потерями электроэнергии на городском электрическом транспорте. – М.: Госэнергоиздат, 1964.- 123 с.;
- 12.Будниченко В.Б. Критерии оценки потерь электроэнергии в конструкции подвижного состава// Коммунальное хоз-во городов.- Вып. 23. К.: Техніка, 2003.- С. 193-197.
- 13.Карпушин Е.І. Першочергові заходи з економії енергії на міському електротранспорті // Інформаційні технології на транспорті: стан справ та основні напрямки розвитку. Зб. наук. праць. –К.: УТУ, 1998.- С. 70-73.
- 14.Христюк Н.М. Взаимосвязь между планировочной структурой и энергопотреблением пассажирским транспортом города // Проблемы энергосбережения.- К.: Институт проблем энергосбережения НАН Украины, 1994, № 3, с. 37-41.
- 15.Ефремов И.С., Кобозев В.М., Юдин В.А. Теория городских пассажирских перевозок.- М.: Высш. школа, 1980.- 535 с.
- 16.Инструкция по нормированию расхода электрической энергии трамвайным и троллейбусным транспортом. Утв. приказом МЖКХ РСФСР от 29.12.1985 г. №646. – М.: ОНТИ Акад. коммунального хозяйства, 1986. – 39 с.
- 17.Олейник Г.И. Внедрение энергосберегающих мероприятий на предприятиях КПП “Облэлектротранс” // Энергосбережение. – 2002. Вып.1. – С.2 – 4.;
- 18.Кутыловский М.П. Электрическая тяга. – М.: Стройиздат, 1970.–263с.
- 19.Педенко А.И., Вишняк В.А., Терзин С.С. Устройство для контроля основного сопротивления движению трамвайных вагонов и троллейбусов. Наука и техника в городском хозяйстве. Вып. 51.- К.: Будівельник, 1982.- С. 64-67.
- 20.Христюк Н.М., Агасьянц А.А., Руднева Н.А., Леонтович И.В. Градостроительный аспект экономии энергоресурсов при функционировании транспортных систем больших городов // Проблемы больших городов / Обзорная информация, вып. 24.- М.: МГЦНТИ, 1986.- 27с.

- 21.Карпушин Э.И., Далека В.Ф., Зубенко Ю.Ф. Методика анализа составляющих энергопотребления на предприятиях городского электротранспорта // Тезисы XXX научно-техн. конф. преподавателей, аспирантов и сотр. ХГАГХ. Харьков, ХГАГХ, 2000.- С. 11-12.
- 22.Виноградов А.Я., Далека В.Ф., Карпушин Э.И. О практическом опыте эксплуатации вагонов метрополитена модели 81-718 (719) и целесообразности модернизации вагонов ЕЖ-3 тягово-тиристорным приводом // Тезисы научно – практ. конф. «Пути совершенствования технических средств Метрополи-тенов». Харьков: ХарГАЖТ, 1995.- С. 24-25.
- 23.Далека В.Х., Хворост М.В. Оцінка ефективності системи зменшення нерівномірності струморозподілу на вагонах метрополітену // Міжвуз. зб. наук. праць. Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту.- Вип. 46. Харків: Хар ДАЗТ, 2001. – С. 19-23.
- 24.Далека В.Ф., Минеева Ю.В. Повышение качества тяги трамвайных вагонов // Вестник ХГПУ. Новые решения в современных технологиях. Вып. 46.- Харьков: ХГПУ, 1999.- С. 39-41.
- 25.Далека В.Ф., Белоус Н.В., Папуга М.Д. Повышение тягово-тормозных сил трамвайного вагона Т-3 // Коммунальное хоз-во городов.- Вып. 17. К.: Техніка, 1999.- С. 57-61.
- 26.Далека В.Ф., Шульженко Н.Г., Филимянов С.Ф. Динамическая модель токоприемника для анализа его нестационарных колебаний (при разгоне и торможении) // Тезисы ХХІХ научно-техн.. конф. преподавателей, аспирантов и сотр. ХГАГХ. Харьков, ХГАГХ, 1998. – С. 17.
- 27.Далека В.Ф. Повышение эксплуатационной надежности подвижного состава скоростного трамвая // Тезисы ХХІХ научно-техн.. конф. преподавателей, аспирантов и сотр. ХГАГХ. Харьков, ХГАГХ, 1998. – С. 7.

- 28.Электротехнический справочник. В 3т. Т3: В 2 кн. Кн.2. Использование электрической энергии. Под ред. И.Н. Орлова и др. – М.: Энергоиздат, 1988. – 616 с.;
- 29.Мамалыга В.М. Практически важные задачи сбережения энергии, потребляемой машинами и механизмами с электроприводом, и принцип достаточности. Энергетика и электрификация, 2000.- №5.- С. 40-44, №6.- С. 17-25.
- 30.Далека В.Х., Пушков П.М. Зменшення ресурсомісткості асинхронних двигунів // Коммунальное хоз-во городов.- Вып. 47. К.: Техніка, 2003.- С. 209-219.
- 31.Далека В.Ф., Коваленко В.И. Гальваническая развязка цепей электрооборудования троллейбусов // Коммунальное хоз-во городов.- Вып. 18. К.: Техніка, 1999.- С. 187-191.
- 32.Далека В.Ф. Оптимизация выбора параметров магнитной цепи тяговых электродвигателей // Коммунальное хоз-во городов.- Вып. 16. К.: Техніка, 1998.- С. 111-117.
- 33.Далека В.Ф., Мальцев В.И. Исследование дугогашения в камере с уменьшенной рассеиваемой энергией // Коммунальное хоз-во городов.- Вып. 17. К.: Техніка, 1999.- С. 85-91.
- 34.Далека В.Ф., Мальцев В.И., Могилевский Г.В. Применение модифицированных магнитных систем в аппаратах защиты электрооборудования // Коммунальное хоз-во городов.- Вып. 14. К.: Техніка, 1998.- С. 138-143.
- 35.Далека В.Ф., Калашников Б.Е. Импульсные преобразователи на основе силовых транзисторов для тягового электропривода // Тезисы XXV111 научно-техн. конф. преподавателей, аспирантов и сотр. ХИИГХ. Харьков, ХИИГХ, 1996.- С.10.
- 36.Kuehn Steven E. Compressed air energy storage around the world // Power Eng. Int. – 1994. - №3. – С. 39-41.
- 37.Гулиа Н.В. Накопители энергии. – М.: Наука, 1980. – 170с.

- 38.F. Moninger. Drehasenspeicher in Nahverkehrs-systemen. // Elektische Bahnen 96 (1998) 8. – pp. 257-260.
- 39.Далека В.Х. Проблеми рекуперації електроенергії на міському електротранспорті //Тези ХХХ11 науково-техн. конф. викладачів, аспірантів і співр. ХНАМГ. Харків, ХНАМГ, 2004.- С. 4.
- 40.Дж. Джента. Накопители кинетической энергии. – М.: Мир, 1998. – 428с.
- 41.Жебит В.А. Зарубежные разработки технологии аккумулирования энергии в сверхпроводящих накопителях. – М.: Информэлектро, 1980. – 33 с.
- 42.Пупынин В.Н., Никитин В.Л. Условия эффективного использования емкостного накопителя энергии в системах тягового электроснабжения железных дорог // Электричество. – 1993. - №1. – С.55-58.

### Нормативні значення коефіцієнтів рівняння витрат електроенергії

Місто України	Значення коефіцієнтів впливу факторів на витрати електроенергії.					Розрахункова похибка, $\Delta$ , тис. кВт*год
	Умови руху та інші фактори, $a_0$ , тис.кВт*год	Пробігу трамвая, $a_1$ , кВт*год/км	Пробігу тролейбуса, $a_2$ , кВт*год/км.	Кількості перевезених пасажирів трамваєм, $a_3$ , кВт*год/пас	Кількості перевезених пасажирів тролейбусом, $a_4$ , кВт*год/пас	
Вінниця	-12216,72	1,863371	2,790684	-0,120264	0,285195	1666.03
Луганськ	4652.539	-0.692726	5.751842	0.088536	-0.188265	1541.46
Стаханов	159.4014	-0.364538	3.096378	0.347836	-0.155319	584.96
Дніпропетровськ	15741.08	0.059849	3.661998	-0.107102	0.334095	4613.08
Кривий Ріг	12481.85	2.107261	1.061754	0.049038	-0.039218	9258.28
Донецьк	-29112.5	4.107048	0.398927	0.356307	0.030837	12822.84
Горлівка	94.29359	-0.805882	5.664347	0.274453	-0.254446	1669.29
Краматорськ	494.0876	0.831834	3.814942	-0.012839	0.001133	1124.00
Макіївка	121.9038	-0.769922	1.468432	0.491576	0.123028	4549.92
Маріуполь	3743.642	1.678681	1.354372	0.00555	0.167045	8378.91
Житомир	7357.427	-1.387622	2.210291	-0.013347	-0.020825	1239.78
Запоріжжя	-973.7855	-0.900796	7.168345	0.026528	-0.022803	6558.74
Львів	3823.572	-0.925715	3.003446	0.001504	0.261589	4466.82
Київ	-23961.29	5.808226	0.262185	-0.046746	0.034841	13716,36
Одеса	-29381.63	1.164417	9.99047	-0.230023	0.1852	7154.81
Миколаїв	-13359.06	-1.210566	10.71832	0.052685	-0.005634	2664.91
Харків	20400.09	-0.484355	4.878779	-0.03618	0.162851	7041.15
Дніпродзержинськ	2970.66	1.9652		0.082444		2735.07
Дружківка	-116.03	2.7772		-0.033099		291.78
Єнакієво	1787.40	2.4084		-0.026156		538.35
Константинівка	2351.92	2.0745		-0.048860		761.92

Місто України	Значення коефіцієнтів впливу факторів на витрати електроенергії.					Розрахункова похибка, $\Delta u$ , тис. кВт*год
	Умови руху та інші фактори, $a_0$ , тис.кВт*год	Пробігу трамвая, $a_1$ , кВт*год/км	Пробігу тролейбуса, $a_2$ , кВт*год/км.	Кількості перевезених пасажирів трамваєм, $a_3$ , кВт*год/пас	Кількості перевезених пасажирів тролейбусом, $a_4$ , кВт*год/пас	
Євпаторія	4304.88	-1.3336		0.015171		588.89
Конотоп	-367.23	2.9360		-0.004624		402.98
Алчевськ	-1094.12		2.3093		0.028863	1346.91
Луцьк	3523.20		1.1263		0.038926	6.70
Артемівськ	-1533.53		2.9456		0.041357	471.26
Лисичанськ	229.67		2.1159		-0.014286	345.92
Крим	6905.03		1.4124		0.053956	3288.01
Кіровоград	502.3605		1.4347936		0.0597387	2688.21
Кременчук	943.89		2.0193		0.008634	560.11
Полтава	8829.22		1.4183		-0.056045	1538.33
Суми	613.42		1.6652		0.070897	1164.15
Рівне	2722.71		1.4795		0.000361	1066.13
Севастополь	8012.75		1.7833		-0.013565	1606.93
Херсон	5163.03		1.7727		-0.004735	661.62
Черкаси	3157.83		1.6617		-0.029476	1661.54
Хмельницький	500.24		2.4219		-0.003990	1223.67
Чернігів	2195.20		2.1339		0.001843	2089.49
Чернівці	2791.75		-0.6061		0.267529	4018.49
Северодонецьк	1033.48		1.8961		0.006129	968.10
Слов'янськ	2992.14		-0.0624		0.083809	940.47
Тернопіль	4058.538		1.103593		0.028049	609.73
Івано-Франківськ	288.7334		1.628669		0.017687	330.72
Антрацит	-221.56		2.6976		-0.005987	248.20

Місто України	Значення коефіцієнтів впливу факторів на витрати електроенергії.					Розрахункова похибка, $\Delta u$ , тис. кВт*год
	Умови руху та інші фактори, $a_0$ , тис.кВт*год	Пробігу трамвая, $a_1$ , кВт*год/км	Пробігу тролейбуса, $a_2$ , кВт*год/км.	Кількості перевезених пасажирів трамваєм, $a_3$ , кВт*год/пас	Кількості перевезених пасажирів тролейбусом, $a_4$ , кВт*год/пас	
Краснодон	-808.20		1.9213		0.079961	586.56
Б. Церков	-1150.58		2.9076		0.010499	340.11
Дзержинськ	-643.35		1.6823		0.222147	308.29
Харцизьк	128.32		1.9265		0.038261	177.60
Вуглегорськ	-185.513		1.883355		0.123176	51.08



**Контрольні питання для самостійного опрацювання студентами з дисципліни „Енергозбереження та енергетичний менеджмент”**

1. Надайте визначення терміну „енергозбереження”.
2. Надайте характеристику стану паливно-енергетичних ресурсів України.
3. Перелічіть та охарактеризуйте фактори, що впливають на енергоспоживання при експлуатації міського транспорту.
4. Основні напрямки енергозбереження на підприємствах ЖКГ.
5. Перелічіть шляхи технологічного енергозбереження на підприємствах ЖКГ.
6. Яке значення витрат визначається як „перевитрати електроенергії” ?
7. Для яких підрозділів підприємства МЕТ розраховують витрати електроенергії на власні потреби?
8. Перелічіть основні тенденції енергозбереження в електроприводі.
9. Порядок побудови енергетичного балансу підприємства.
10. Реалізація системи енергетичного менеджменту на підприємствах ЖКГ України.
11. Що означає довірчий інтервал у розрахунках фактичних витрат електроенергії на міському транспорті?
12. Стисло опишіть основні фактори, що впливають на перевитрати електроенергії при експлуатації міського транспорту.
13. Розрахунок прибутку при реалізації заходів щодо енергозбереження.
14. Оцінка економічної ефективності використання вторинних енергоресурсів.
15. В чому полягає метод найменших квадратів для побудови математичної моделі витрат електроенергії на міському транспорті?
16. нормування паливно-енергетичних ресурсів у контексті ринкової стратегії енергозбереження.

17. Стисло охарактеризуйте енергетичні ресурси підприємств міського транспорту.
18. Назвіть та охарактеризуйте основні напрямки економії енергетичних ресурсів.
19. Нормативно-правове регулювання енергозбереження.
20. Відповідальність за порушення закону і правових актів щодо енергозбереження.
21. Витрати електроенергії на власні потреби підприємствами МЕТ.
22. Назвіть основні експлуатаційні фактори, що враховуються при побудові математичної моделі витрат електроенергії на міському транспорті.
23. Перелічіть основні напрямки енергозбереження машинами і механізмами з електроприводом.
24. Назвіть заходи зі зменшення шкідливих втрат у системі електропостачання.
25. Порядок визначення питомих витрат електроенергії трамвайними вагонами.

# НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки  
до виконання розрахунково-графічної роботи  
та самостійної роботи студентів  
з дисципліни

## **«ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ»**

(для студентів усіх форм навчання і слухачів другої вищої освіти за напрямом  
(0922) 6.050702 «Електромеханіка»)

Укладачі **ДАЛЕКА** Василь Хомич,  
**ГАРБУЗ** Нонна Володимирівна,  
**ГОРДІЄНКО** Ольга Сергіївна

Відповідальний за випуск *В. Х. Далека*  
В авторській редакції  
Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2010, поз. 158М

---

Підп. до друку 28.12.2010  
Друк на ризографі.  
Зам. №

Формат 60 x 84/16  
Ум. друк. арк. 2,0  
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:  
Харківська національна академія міського господарства,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002  
Електронна адреса: [rektorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rektorat@ksame.kharkov.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 4064 від 12. 05. 2011 р.